

Dansk KemiolympiadeKomite

Facitliste

Dansk Kemiolympiade 2005 2. runde i København 21. januar 2005

**Skriv dit OL- nr. på alle de efterfølgende sider
– inden du begynder at se på opgaverne**

Du skal kun regne en af opgaverne 18 og 19 (vælg selv)

Hjælpemidler: Lommeregner, DATABOG, fysik-kemi, Kemisk Formelsamling eller Formelsamling KEMI.

Opgavernes antal og mængden af arbejde er gjort så stor, at du er tvunget til at vælge og prioritere. Dette er gjort for at situationen skal minde så meget som muligt om forholdene under den Internationale Kemiolympiade (IChO), hvor det drejer sig om at finde de bedste blandt eliten af kemielever på jeres alder i hele verden.

Husk på, at du er med i dag fordi du hører til blandt de bedste af alle danske kemielever. Bliv derfor ikke skuffet, når du løber ind i vanskeligheder med disse opgaver.

Det er angivet, hvor mange point de enkelte spørgsmål giver for korrekt besvarelse. Det er ikke en eksamen eller prøve, der ender med en karakter. Formålet er udelukkende at finde de bedste af jer som deltagere i to Kemi-Camp's som endelige deltagere i den **37. IChO i Taiwan**

SMÅ OPGAVER (*multiple choice*)**OPGAVE 1** (5 point)

For hvilken af nedenstående forbindelser er den empiriske formel den samme som molekylformlen?

- (a) $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}$ ☒
- (b) $\text{C}_6\text{H}_4(\text{COOH})_2$ ☐
- (c) HOOCCOOH ☐
- (d) CH_3COOH ☐

OPGAVE 2 (5 point)

Hvor mange vandmolekyler er der i 0,10 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ ($M = 249,7 \text{ g/mol}$)?

- (a) $1,2 \cdot 10^{21}$ ☒
- (b) $2,4 \cdot 10^{21}$ ☐
- (c) $2,4 \cdot 10^{22}$ ☐
- (d) $1,2 \cdot 10^{23}$ ☐

OPGAVE 3 (5 point)

Hvordan fremstilles sikrest 100 mL 1,0 M H_2SO_4 ud fra 10 M H_2SO_4 .

- (a) Tilsæt 90 mL vand til 10 mL 10 M H_2SO_4 ☐
- (b) Tilsæt 10 mL 10 M H_2SO_4 til 90 mL vand ☐
- (c) Tilsæt 10 mL 10 M H_2SO_4 til 80 mL vand, omrør og fyld op til 100 mL efter afkøling ☒
- (d) Tilsæt 80 mL vand til 10 mL 10 M H_2SO_4 , omrør og fyld op til 100 mL efter afkøling ☐

OPGAVE 4 (5 point)

Ethyn, C_2H_2 , reagerer fuldstændigt med dioxygen og danner carbondioxid og vand.

Hvad er forholdet mellem stofmængderne af dioxygen og vand, $n(\text{O}_2)/n(\text{H}_2\text{O})$, i det afstemte reaktionsskema?

- (a) 2/1 ☐
- (b) 3/2 ☐
- (c) 5/2 ☒
- (d) 3/1 ☐
- (e) 1/2 ☐

OPGAVE 5 (5 point)

25,00 mL 0,1050 M H_2SO_4 titreres med en opløsning af NaOH med ukendt koncentration. Med phenolphthalein som indikator opnås ækvivalenspunktet efter tilsætning af 17,23 mL. Hvilken formel koncentration har NaOH-opløsningen?

(a) 0,7617 M

☐

(b) 0,1447 M

☐

(c) 0,1524 M

☐

(d) 0,3047 M

☒**OPGAVE 6** (5 point)

På figuren til højre er vist et fasediagram for et stof.

I hvilken tilstand findes stoffet ved trykket 1 atm og temperaturen 0 °C?

(a) fast

☒

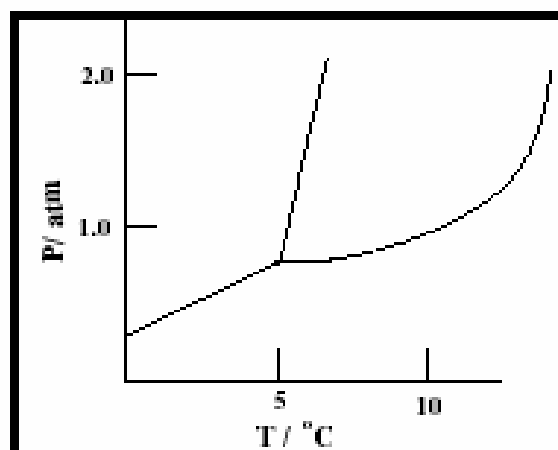
(b) flydende

☐

(c) gas

☐

(d) blanding af fast og flydende

☐**OPGAVE 7** (5 point)

Hvilken af følgende reaktioner har den største tilvækst i entropi?

(a) $2\text{H}_2\text{O}(\text{l}) \rightarrow 2\text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ ☒(b) $2\text{NO}(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g})$ ☐(c) $\text{C}(\text{s}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow \text{CO}_2(\text{g})$ ☐(d) $\text{Br}_2(\text{g}) + \text{Cl}_2(\text{g}) \rightarrow 2\text{BrCl}(\text{g})$ ☐

OPGAVE 8 (5 point)

Hvilket af følgende udsagn passer på alle exoterme reaktioner?

(a) $\Delta H < 0$

☒

(b) $\Delta H > 0$

☐

(c) $\Delta G < 0$

☐

(d) $\Delta G > 0$

☐**OPGAVE 9** (5 point)Hvilken reaktionsorden har en reaktion, hvor hastighedskonstanten, k , har enheden $\text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$?

(a) Nulte orden

☐

(b) Første orden

☐

(c) Anden orden

☒

(d) En anden orden

☐**OPGAVE 10** (5 point)

På figuren ses et energiniveaudiagram for en reaktion. Hvilke energier ændres, hvis der tilsættes en katalysator?

(a) Kun 1 og 2

☐

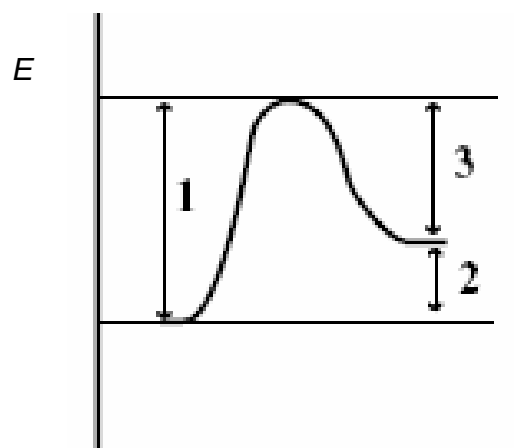
(b) Kun 1 og 3

☒

(c) Kun 2 og 3

☐

(d) 1, 2 og 3

☐

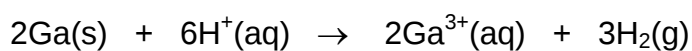
OPGAVE 11 (5 point)

Hvilken af følgende omdannelser er en oxidation?

- (a) $\text{VO}_3^- \rightarrow \text{VO}_2^+$ ☐
- (b) $\text{CrO}_2^- \rightarrow \text{CrO}_4^{2-}$ ☒
- (c) $\text{SO}_3 \rightarrow \text{SO}_4^{2-}$ ☐
- (d) $\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^-$ ☐

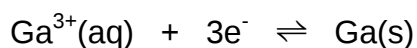
OPGAVE 12 (5 point)

En elektrokemisk celle af følgende strømgivende reaktion:



Hvilespændingen for cellen er 0,54 V. De aktuelle koncentrationer for ionerne er 1,00 M og partialtrykket for dihydrogen, H_2 , er 1,00 bar.

Hvad er standardelektrodepotentialet for halvcellereaktionen:



- (a) - 0,54 V ☒
- (b) - 0,27 V ☐
- (c) 0,27 V ☐
- (d) 0,54 V ☐

OPGAVE 13 (5 point)Hvor mange isomere stoffer findes der med molekylformlen $\text{C}_3\text{H}_6\text{Cl}_2$?

- (a) 1 ☐
- (b) 2 ☐
- (c) 3 ☐
- (d) 4 ☒

STØRRE OPGAVER**OPGAVE 14****Opløselighedsligevægte**

I et forsøg undersøges en serie fældnings- og opløselighedsligevægte, hvor sølvioner deltager. Startkoncentrationen af sølvioner er: $[Ag^+] = 0,0050 \text{ M}$.

$$K_o(AgCl) = 1,8 \cdot 10^{-10} \text{ M}^2$$

$$K_o(AgBr) = 5,0 \cdot 10^{-13} \text{ M}^2$$

$$K_o(AgI) = 8,3 \cdot 10^{-17} \text{ M}^2$$

$$K_o(Ag_2SO_4) = 1,4 \cdot 10^{-5} \text{ M}^3$$

- (a) Hvor skal den aktuelle koncentration af sulfat være for at starte udfældning af Ag_2SO_4 ? (10 point)

$$[SO_4^{2-}] = 0,56 \text{ M}$$

- (b) I hvilken rækkefølge skal 0,10 M opløsninger af halogenid-ioner tilsættes, for at det først dannede bundfald netop opløses, og erstattes af et nyt?
Svaret skal begrundes med relevante beregninger (10 point)

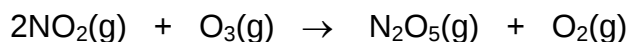
Først Cl^- så Br^- og sidst I^-

- (c) Et eller flere af de dannede faste sølvhalogenider kan opløses i 0,60 M NH_3 .
Hvilket eller hvilke? (10 point)

Kun sølvchlorid kan opløses.

OPGAVE 15**Termodynamik og reaktionskinetik**

Nitrogendioxid og ozon reagerer efter følgende reaktionsskema:



- a) Beregn $\Delta H^\ominus$ for reaktionen, og kommenter resultatet. (10 point)

$\Delta H^\ominus = -198 \text{ kJ/mol}$ (eventuelt $\Delta H^\ominus = -251 \text{ kJ/mol}$ med $\text{N}_2\text{O}_5(\text{s})$)

$\Delta S^\ominus = -168 \text{ J/(mol} \cdot \text{K)}$ for reaktionen.

- b) Kommenter værdien af $\Delta S^\ominus$. (10 point)

Der dannes færre molekyler ved reaktionen.

- c) Beregn ligevægtskonstanten for reaktionen ved 25°C . (10 point)

$K = 9,03 \cdot 10^{25} \text{ bar}^{-1}$

(eventuelt $K = 1,60 \cdot 10^{35} \text{ bar}^{-1}$ med $\text{N}_2\text{O}_5(\text{s})$)

- d) Hvad sker der med beliggenheden af ligevægten, hvis temperaturen hæves? (10 point)

Ligevægten forskydes mod venstre.

Nedenfor ses en tabel med reaktionskinetiske data for ovenstående reaktion:

[NO ₂]	[O ₃]	<i>v</i>
(mol·L ⁻¹)	(mol·L ⁻¹)	(M · s ⁻¹)
0,0014	0,0025	4,8 · 10 ⁻⁸
0,0021	0,0025	7,2 · 10 ⁻⁸
0,0021	0,0050	1,4 · 10 ⁻⁷

- e) Bestem ud fra ovenstående data reaktionsordenen med hensyn til NO₂ og O₃.
(10 point)

Reaktionen er af første orden både mht. NO₂ og O₃.

- f) Opskriv hastighedsudtrykket for reaktionen og angiv enheden for hastighedskonstanten, *k*. (10 point)

$$v = k \cdot [\text{NO}_2] \cdot [\text{O}_3]$$

k har enheden L · mol⁻¹ · s⁻¹

Nedenfor ses to foreslåede mekanismer for reaktionen:

Mekanisme I		Mekanisme II	
NO ₂ + NO ₂ → NO ₃ + NO	langsom	NO ₂ + O ₃ ⇌ NO ₃ + O ₂	hurtig
NO ₃ + NO ₂ → N ₂ O ₅	hurtig	NO ₃ + NO ₂ → N ₂ O ₅	langsom
NO + O ₃ → NO ₂ + O ₂	hurtig		

- g) Diskuter mulighederne for de to mekanismer ud fra hastighedsudtrykket. (10 point)

Ingen af de foreslåede mekanismer passer med hastighedsudtrykket !

OPGAVE 16

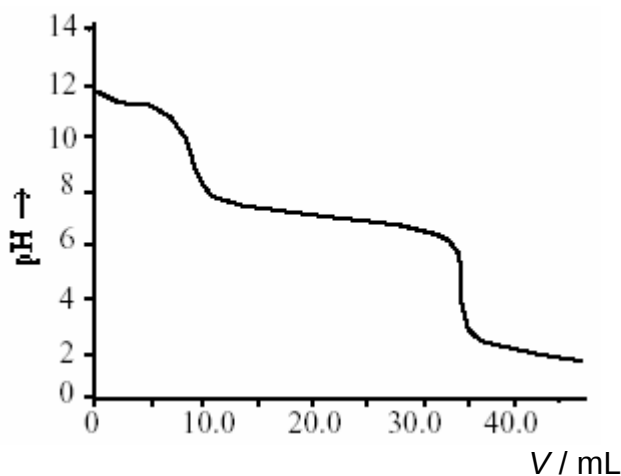
Syre-base

En stofprøve, **A**, består af en blanding af natriumcarbonat, natriumhydrogencarbonat og kaliumchlorid.

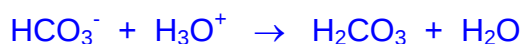
0,500 g af denne blanding opløses i 50,0 mL demineraliseret vand.

Opløsningen titreres med 0,115 M HCl.

Titreringskurven ses på figuren til højre.



- a) Opskriv afstemte reaktionsskemaer for de reaktioner, som finder sted ved titreringen (10 point)



Ækvivalenspunkterne aflæses til hhv. 9,63 mL og 34,27 mL.

- b) Beregn stofmængderne af tilsat HCl i ækvivalenspunkterne. (10 point)

Første ækvivalenspunkt:

$$n = 1,107 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Andet ækvivalenspunkt:

$$n = 3,941 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

- c) Beregn den procentvise sammensætning af stofprøven **A**. (10 point)

$$23,4 \% \text{ Na}_2\text{CO}_3$$

$$47,6 \% \text{ NaHCO}_3$$

$$29,0 \% \text{ KCl}$$

OPGAVE 17

Asparges

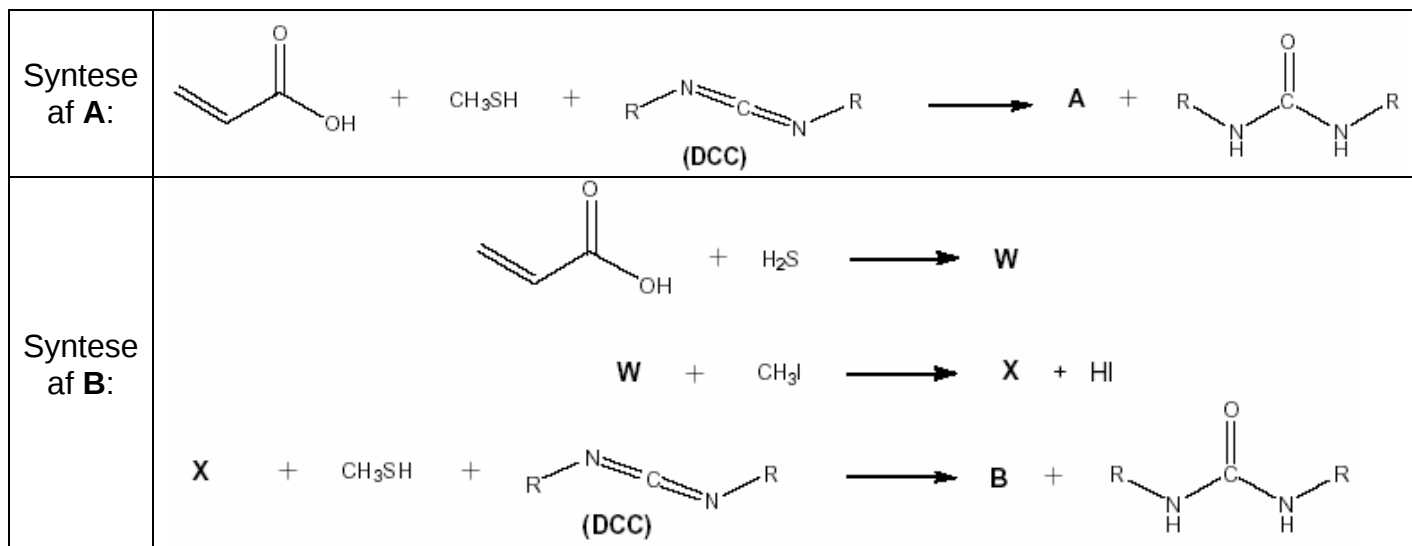
Det har længe været kendt, at nogle personer bemærker en mærkelig lugt i urinen efter at have spist asparges.

Tidligere antog man at lugten stammede fra methanthiol, CH_3SH .

Ved nyere undersøgelser har man fundet ud at lugten ikke stammer fra methanthiol, men fra to andre svovlholdige forbindelser, **A** og **B**.

Ved massespektroskopi har man bestemt molarmassen for **A** til 102 g/mol og molarmassen for **B** 150 g/mol.

For at sammenligne duftene af **A** og **B**, fremstilles stofferne i laboratoriet ud fra propensyre. Syntesevejene ses nedenfor.



Stof **A** kan reagere med HBr og danne **Y**, som ikke er optisk aktiv. **Y** har molarmassen 183 g/mol.

Stof **A** kan også reagere med Br_2 og danne stofferne **Z**₁ og **Z**₂, som spejlbilledisomere. Molarmassen for **Z**₁ og **Z**₂ er 262 g/mol.

a) Hvilken rolle spiller stoffet DCC i ovenstående reaktioner (10 point)

- (a) Katalysator ☐
- (b) Oxidationsmiddel ☐
- (c) Reduktionsmiddel ☐
- (d) Tørremiddel ☒

b) Foreslå en struktur for stof **A**. (10 point)



c) Foreslå en struktur for stof **B**. (10 point)



d) Foreslå en struktur for stof **W**. (10 point)



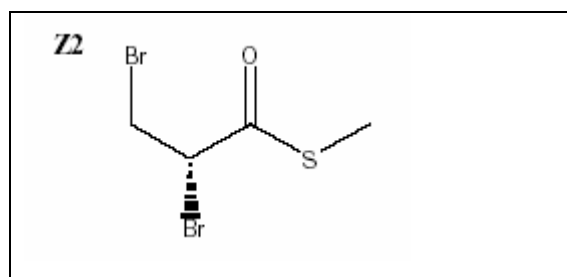
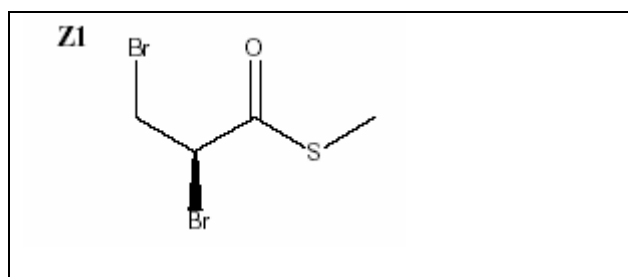
e) Foreslå en struktur for stof **X**. (10 point)



f) Foreslå en struktur for stof **Y**. (10 point)



g) Foreslå en struktur for stofferne **Z₁** og **Z₂**. (10 point)



Du skal kun regne en af opgaverne 18 og 19 (vælg selv)**OPGAVE 18****Spektroskopi**

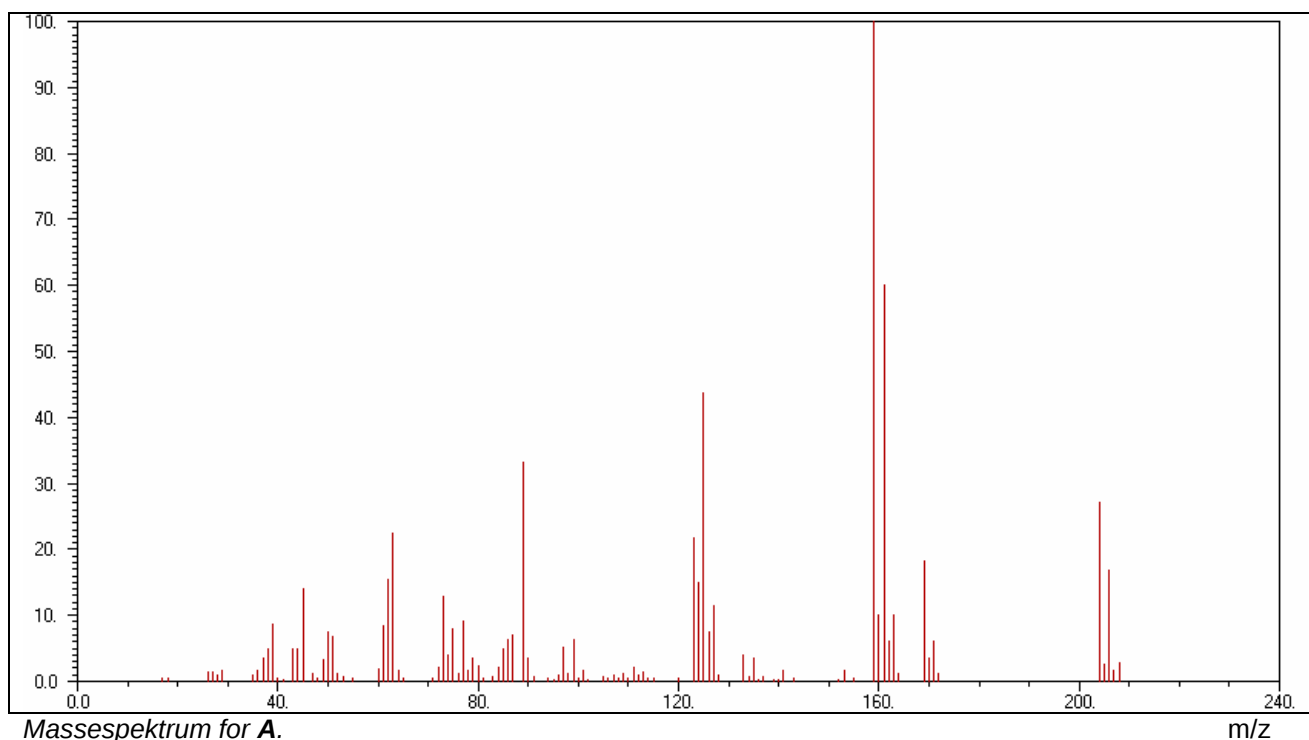
Tidligere var det organiske stof **A** et meget anvendt plantebeskyttelsesmiddel. Ved en elementaranalyse viser det sig, at **A** har følgende sammensætning:

C: 46,89 %

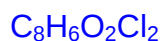
H: 2,95 %

O: 15,61 %

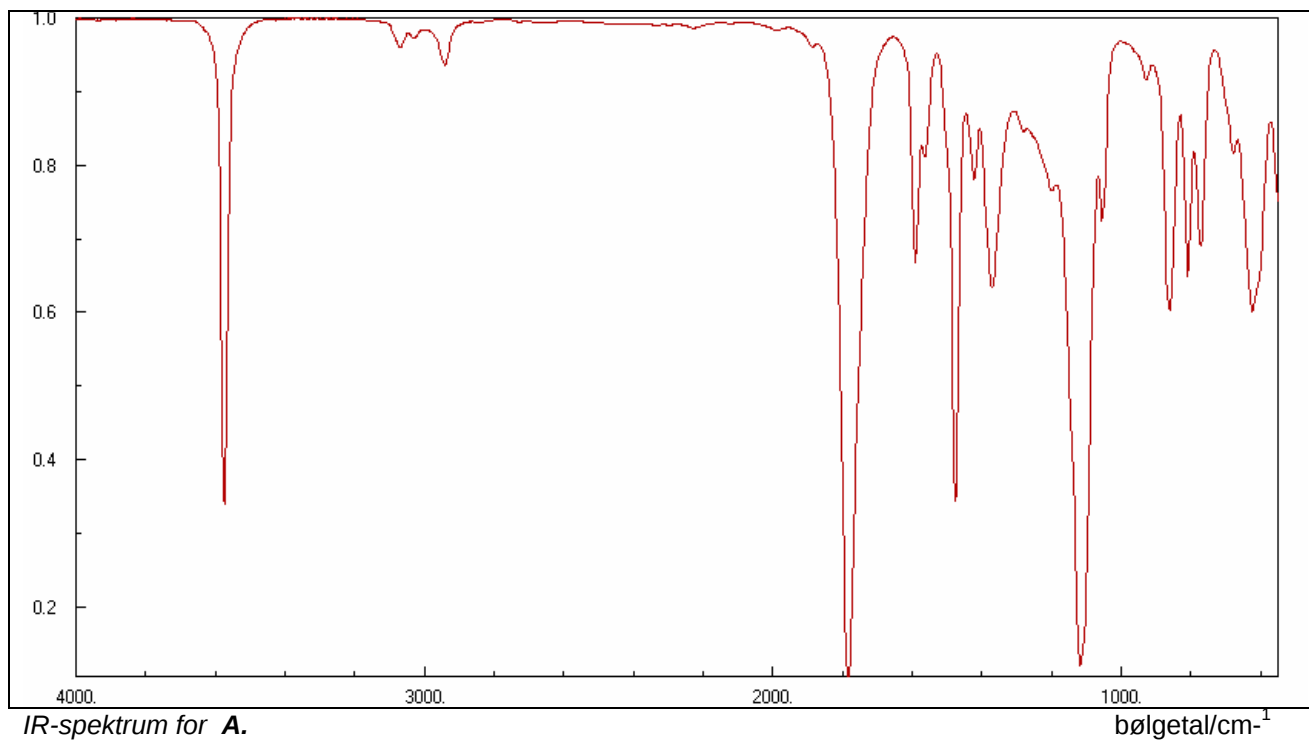
Desuden indeholder **A** en slags halogen. Nedenfor ses et massespektrum for **A**.



a) Bestem molekylformlen for **A**. (10 point)



Nedenfor er vist et IR-spektrum for **A**.



- b) Redegør for IR-spektret for **A**. Inddrag bølgetal og intensiteter for absorptionsbånd over 1500 cm⁻¹ i tilordningen. (10 point)

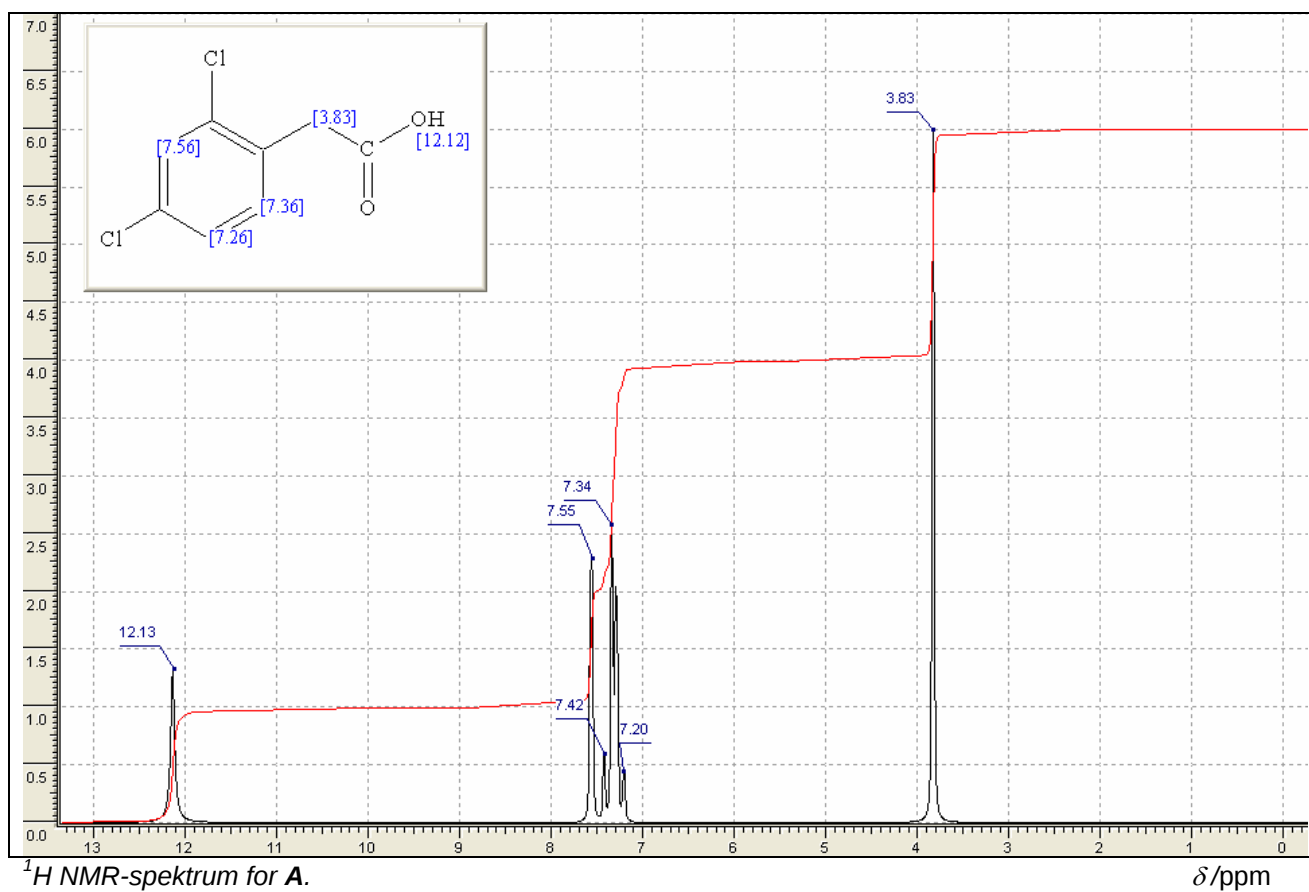
3400 s: OH carboxylsyre

Lige over 3000 sv: C – H sp²-stræk (aromatisk)

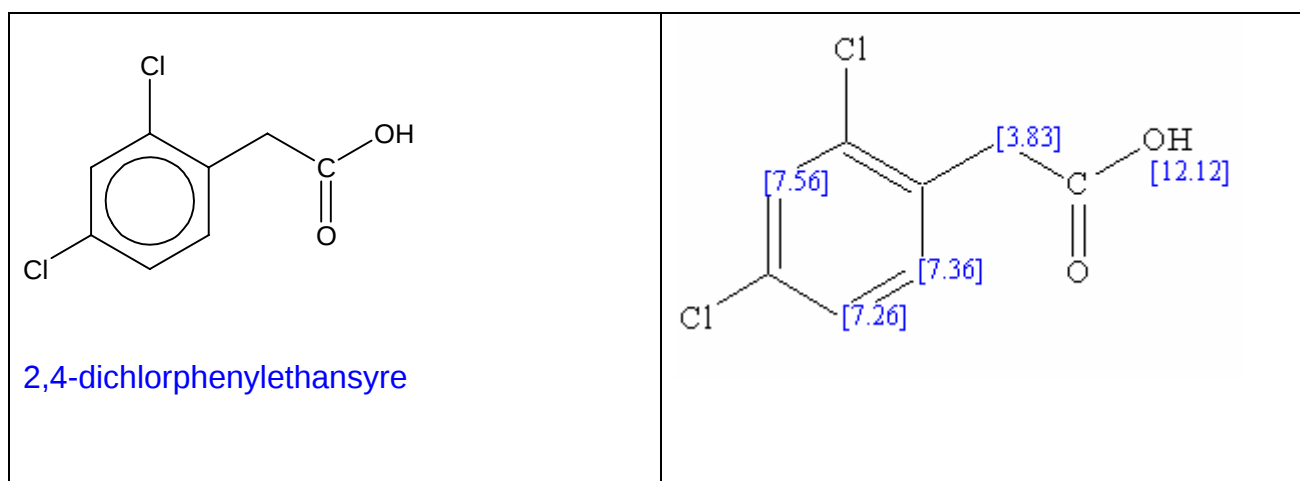
Lige under 3000 sv: CH sp³-stræk (alkaner)

Lige under 1800 S: C=O (carboxylsyre)

Nedenfor er ^1H NMR-spektrum for **A**.



- c) Foreslå en struktur for **A**, og angiv det systematiske navn for stoffet. Du skal argumentere ud fra integralkurver, kemiske skift og koblingsmønstre. (10 point)



OPGAVE 19

Elektrokemi

Et element består af to halvceller **A** og **B**.

Halvcelle **A**: En kobberstang dyppet ned i 1,00 M $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$

Halvcelle **B**: En chromstang dyppet ned i 1,00 M $\text{Cr}(\text{NO}_3)_3$

- a) Opskriv et afstemt reaktionsskema for den strømgivende reaktion, og beregn hvilespændingen. (10 point)



$$U_0 = 1,084 \text{ V}$$

- b) Opskriv cellediagrammet for den elektrokemiske celle, og marker den positive elektrode. (10 point)



Den elektrokemiske celle tilsluttes et elektrisk kredsløb. På et tidspunkt er $[\text{Cu}^{2+}]$ i **A** faldet til 0,50 M.

- c) Beregn $[\text{Cr}^{3+}]$ i **B**. Hvad er hvilespændingen nu? (10 point)

$$[\text{Cr}^{3+}] = 1,33 \text{ M}$$

$$U_0 = 1,073 \text{ V}$$